ePublishing

Open Schools Journal for Open Science

Vol 3, No 7 (2020)

Απολιθωμένο Δάσος Λέσβου: Χαλαζίας & πιεζοηλεκτρισμός

Κωνσταντίνος Ζούρος-Καρδάτος, Φώτιος Παπαρίσβας, Γεώργιος Κουτσουκέλλης, Παναγιώτης Μανιάτης, Παναγιώτης Γιαννίκος

doi: 10.12681/osj.24333

Copyright © 2020, Κωνσταντίνος Ζούρος-Καρδάτος, Φώτιος Παπαρίσβας, Γεώργιος Κουτσουκέλλης, Παναγιώτης Μανιάτης, Παναγιώτης Γιαννίκος

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0.

To cite this article:

Ζούρος-Καρδάτος Κ., Παπαρίσβας Φ., Κουτσουκέλλης Γ., Μανιάτης Π., & Γιαννίκος Π. (2020). Απολιθωμένο Δάσος Λέσβου: Χαλαζίας & πιεζοηλεκτρισμός. *Open Schools Journal for Open Science*, *3*(7). https://doi.org/10.12681/osj.24333

https://epublishing.ekt.gr | **e-Publisher:** EKT | **Downloaded at:** 17/07/2025 10:31:37

Open Schools Journal
for Open Science

Απολιθωμένο Δάσος Λέσβου: Χαλαζίας & πιεζοηλεκτρισμός

Ζούρος-Καρδάτος Κωνσταντίνος[1], Παπαρίσβας Φώτιος[1], Κουτσουκέλλης Γεώργιος[2], Μανιάτης Παναγιώτης[3], Γιαννίκος Παναγιώτης[4]

[1]5ο Γενικό Λύκειο Μυτιλήνης, Μυτιλήνη, Ελλάδα

[2]Μαθηματικός, 5ο ΓΕΛ Μυτιλήνης, Μυτιλήνη, Ελλάδα

[3]Πληροφορικός, 5ο ΓΕΛ Μυτιλήνης, Μυτιλήνη, Ελλάδα

[4]Φυσικός, 5ο ΓΕΛ Μυτιλήνης, Μυτιλήνη, Ελλάδα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Απολιθωμένο Δάσος Λέσβου είναι ένα μοναδικό μνημείο της φύσης, που καταγράφει τη γεωλογική ιστορία της λεκάνης του Αιγαίου τα τελευταία 20 εκατομμύρια χρόνια. Αποκαλύπτει πληροφορίες για τη σύνθεση των οικοσυστημάτων και τις κλιματικές μεταβολές στο Αιγαίο. Η Πολιτεία αναγνωρίζοντας την μεγάλη περιβαλλοντική, παλαιοντολογική και εκπαιδευτική αξία του Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου το έχει ανακηρύξει «Διατηρητέο Μνημείο της Φύσης».

Το Απολιθωμένο Δάσος Λέσβου δημιουργήθηκε λόγω της έντονης ηφαιστειακής δραστηριότητας που προκάλεσε την κάλυψη των δένδρων από παχύ στρώμα ηφαιστειακής τέφρας και την κυκλοφορία θερμών ρευστών πλούσιων σε πυρίτιο. Η υδροθερμική κυκλοφορία προκάλεσε την αντικατάσταση του οργανικού υλικού του ξύλου από διοξείδιο του πυριτίου.

Στην εργασία μας με θέμα «Απολιθωμένο Δάσος Λέσβου: χαλαζίας & πιεζοηλεκτρισμός» μελετήθηκε η σχέση των απολιθωμένων δένδρων με το ορυκτό χαλαζίας και το πυρίτιο, τι είναι ο πιεζοηλεκτρισμός, πώς δημιουργείται ο πιεζοηλεκτρισμός, ποιες συσκευές λειτουργούν χάρις στον πιεζοηλεκτρισμό.

Open Schools Journal for Open Science

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Απολιθωμένο Δάσος Λέσβου, πυρίτιο, χαλαζίας, πιεζοηλεκτρισμός, ρολόι Quartz

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Απολιθωμένο Δάσος Λέσβου

Το Απολιθωμένο Δάσος Λέσβου δημιουργήθηκε πριν από 16 με 21 εκατομμύρια χρόνια και αποτελεί από τα ωραιότερα σε παγκόσμια κλίμακα Μνημεία της Γεωλογικής μας Κληρονομιάς. Τα απολιθωμένα φυτικά λείψανα διατηρήθηκαν προφυλαγμένα μέσα στα ηφαιστειακά υλικά που δημιούργησε η έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα στο χώρο του Βόρειου Αιγαίου. Σήμερα από την φυσική διάβρωση των ηφαιστειακών πετρωμάτων αποκαλύπτονται εντυπωσιακοί ιστάμενοι και κατακείμενοι κορμοί δένδρων που φτάνουν σε μήκος και τα 20 m ενώ η διάμετρος των απολιθωμένων κορμών πλησιάζει τα 3 m.

Η Πολιτεία αναγνωρίζοντας τη μεγάλη περιβαλλοντική, γεωλογική, παλαιοντολογική και εκπαιδευτική του αξία έχει κηρύξει το Απολιθωμένο Δάσος Λέσβου Διατηρητέο Μνημείο της Φύσης (Π.Δ. 443/85 – ΦΕΚ 160/Α/1985) και τα πέντε τμήματα του ως περιοχές απολύτου προστασίας, με σκοπό την αποτελεσματικότερη προστασία και την ορθολογική διαχείρισή του.

Σε ολόκληρη τη δυτική Λέσβο συναντώνται απολιθωμένα τμήματα φυτών. Οι σημαντικότερες όμως συγκεντρώσεις απολιθωμένων κορμών βρίσκονται σε περιοχές των Κοινοτήτων Σιγρίου και Άντισσας και του Δήμου Ερεσού, στις θέσεις Πάλη Αλώνια, Χαμανδρούλα, Νησιώπη ή Μεγαλονήσι, Λίμενα, Σαρακήνα, Κοιλάδα Τσιχλιώντα, Λάψαρνα. Μικρότερες συγκεντρώσεις απολιθωμένων συναντώνται στις περιοχές Χιδήρων, Μεσοτόπου, Μολύβου, Πολυχνίτου και Άγρας (Μάκαρα, Αποθήκες).

Από τον περασμένο αιώνα χρονολογούνται οι πρώτες αναφορές στο Απολιθωμένο Δάσος Λέσβου. Από τότε το Απολιθωμένο Δάσος κίνησε το ενδιαφέρον πολλών περιηγητών και μελετητών.

Οι επιστήμονες που μελέτησαν το Απολιθωμένο Δάσος αναφέρονται με θαυμασμό στην μοναδικότητά του και την μεγάλη επιστημονική του αξία, γιατί αποτελεί ένα ολοκληρωμένο οικοσύστημα δάσους που απολιθώθηκε επί τόπου, λόγω της έντονης ηφαιστειακής δραστηριότητας και διατηρήθηκε σε άριστη κατάσταση ως τις μέρες μας. Η σύνθεση της παλαιοχλωρίδας αποτελεί σημαντικό δείκτη των κλιματικών συνθηκών και του περιβάλλοντος την περίοδο εκείνη.

Η μεγάλη συχνότητα των απολιθωμένων κορμών που διατηρούνται όρθιοι και με το ριζικό τους σύστημα σε πλήρη ανάπτυξη, πιστοποιεί ότι τα δέντρα απολιθώθηκαν στη φυσική τους θέση και δεν έχουν μεταφερθεί στη θέση που τα βρίσκουμε σήμερα. Πρόκειται δηλαδή για ένα αυτόχθονο απολιθωμένο δάσος.

Εικόνα 1: Συστάδα ιστάμενων απολιθωμένων κορμών δέντρων στο Πάρκο Απολιθωμένου Δάσους (Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου)

Η σύνθεση της χλωρίδας του Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου

Η σύνθεση της απολιθωμένης χλωρίδας αποτελείται από σπερματόφυτα με μικρότερη συμμετοχή των πτεριδόφυτων. Από τη συστηματική μελέτη τμημάτων των απολιθωμένων

κορμών και των απολιθωμένων φύλλων προσδιορίσθηκε το γένος και το είδος των φυτών που συμμετείχαν στη σύνθεση του δάσους της Λέσβου πριν από 20 εκατομμύρια χρόνια. Οι περισσότεροι κορμοί στο είδος *Taxodioxylon gypsaceum* (GOPPERT) KRAUSEL. Πρόκειται για πρόδρομη μορφή του σύγχρονου είδους *Σεκόια η αειθαλής* (*Sequoia semprevirens*) που φύεται στη δυτική ακτή των ΗΠΑ. Τα σημερινά δένδρα του είδους αυτού φτάνουν σε ύψος τα 120 έως 130 μέτρα. 'Εχουν προσδιορισθεί επίσης άτομα της οικογένειας των *Πρωτοπευκίδων* (*Protopinaceae*). Τα περισσότερα ανήκουν στο νέο είδος κωνοφόρου δένδρου, το είδος *Pinoxylon paradoxum* SUSS & VELITZELOS, το οποίο αποτελεί προγονική μορφή του σύγχρονου πεύκου και προσδιορίσθηκε για πρώτη φορά στη Λέσβο. Στο πάρκο του απολιθωμένου δάσους βρίσκεται ο ολότυπος του είδους. Έχουν προσδιορισθεί επίσης αντιπρόσωποι των ειδών Λεύκη, Δάφνη, Κανελλόδενδρο, Πλάτανος, Δρύς, Οξυά, Φοίνικας, Σκλήθρο, Σφένδαμος και Κυπαρίσι.
Η σύνθεση της απολιθωμένης χλωρίδας δείχνει ότι το απολιθωμένο δάσος της Λέσβου αναπτύχθηκε σε υποτροπικό κλίμα το οποίο μεταβαλλόταν απότομα σε ηπειρωτικό θερμό, με χαρακτήρα χλωρίδας υποτροπικής ζώνης της νοτιοανατολικής Ασίας ή της Αμερικής.

Η πανίδα του Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου

Οι ερευνητικές εργασίες, που πραγματοποιήθηκαν από το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου το 1999 στην περιοχή του Γαβαθά Άντισσας, έφεραν στο φως τα οστά του πρώτου ζώου που βρέθηκε μέχρι σήμερα στην περιοχή του Απολιθωμένου Δάσους. Τα ευρήματα ανήκουν σε δεινοθήριο, μεγάλο προβοσκιδωτό, προγονική μορφή των σημερινών ελεφάντων. Οι ανασκαφικές εργασίες αποκάλυψαν μεγάλη ακέραιη γνάθο με το σύνολο της οδοντοστοιχίας καθώς και οστά του ζώου.
Η μελέτη του παλαιοπεριβάλλοντος της περιοχής πιστοποίησε ότι, ζούσε στις παρυφές της λίμνης που υπήρχε στην περιοχή πριν 25 περίπου εκατομμύρια χρόνια και τρεφόταν από την πλούσια βλάστηση που υπήρχε εκείνη την εποχή στην περιοχή. Όταν πέθανε, ο σκελετός του μεταφέρθηκε μέσα στη λίμνη και απολιθώθηκε εξαιτίας της κάλυψής του από τα ιζήματα της λίμνης. Τα απολιθώματα αυτά αποτελούν σπανιότατο εύρημα, αφού μέχρι σήμερα έχουν

εντοπισθεί ελάχιστα δείγματα μεγάλων σπονδυλόζωων ηλικίας Κατωτέρου Μειόκαινου όχι μόνο στον ελληνικό αλλά και στον ευρωπαϊκό χώρο.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Στην εργασία μας με θέμα «Απολιθωμένο Δάσος Λέσβου: χαλαζίας & πιεζοηλεκτρισμός» ερευνήσαμε τα παρακάτω ερωτήματα:

α) ποια η σχέση του ορυκτού χαλαζίας με τη χημική σύσταση των απολιθωμάτων του Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου και ποιες πληροφορίες μας δίνει;

β) ποια η σχέση του ορυκτού χαλαζίας με τον πιεζοηλεκτρισμό και ποια η χρησιμότητα του φαινομένου του πιεζοηλεκτρισμού;

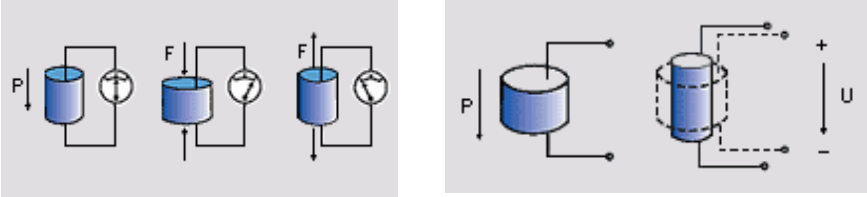
Ο πιεζοηλεκτρισμός

Το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο ανακαλύφθηκε από τους αδελφούς Jacques και Pierre Curie το 1880, οι οποίοι παρατήρησαν ότι υποβάλλοντας σε μηχανική πίεση συγκεκριμένα κρυσταλλικά υλικά, αυτά πολώνονται ηλεκτρικά και ο βαθμός πόλωσης είναι ανάλογος με την εφαρμοσμένη πίεση.

Πιο συγκεκριμένα πιεζοηλεκτρισμός είναι η γραμμική αλληλεπίδραση μεταξύ μηχανικών και ηλεκτρικών συστημάτων σε μη συμμετρικούς κρυστάλλους. Το ευθύ πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο μπορεί να ορισθεί ως το φορτίο της ηλεκτρικής πόλωσης που είναι ανάλογο με την παραμόρφωση (Σχήμα 1β). Ένα υλικό ονομάζεται πιεζοηλεκτρικό όταν μια εξωτερική μηχανική τάση αυξάνει την διηλεκτρική μετατόπιση μέσα στο υλικό. Η ηλεκτρική μετατόπιση εμφανίζεται σαν εσωτερική ηλεκτρική πόλωση. Πρέπει να σημειωθεί ότι το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο εξαρτάται σημαντικά από την συμμετρία του κρυστάλλου. Ένας κρύσταλλος με αρκετά χαμηλή συμμετρία εμφανίζει πόλωση κάτω από την επίδραση μηχανικού φορτίου. Οι κρύσταλλοι που έχουν κεντρική συμμετρία δεν μπορούν να εμφανίσουν πιεζοηλεκτρισμό.

Σχετικό είναι επίσης και το αντίστροφο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο, κατά το οποίο ένας πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος παραμορφώνεται όταν εφαρμοστεί σε αυτόν εξωτερική ηλεκτρική τάση (Σχήμα 1β).

Open Schools Journal
for Open Science



Σχήμα 1: Ευθύ (α) και αντίστροφο (β) πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο (www.piezoceramic.com)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Η χημική σύσταση των απολιθωμάτων του Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου – Μελέτη τη σχέσης τους με το χημικό στοιχείο πυρίτιο και το ορυκτό χαλαζίας

Πριν από 20 περίπου εκατομμύρια χρόνια εκδηλώθηκε έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα στο χώρο του Βορείου Αιγαίου. Στην κεντρική Λέσβο δημιουργήθηκαν τότε μεγάλα ηφαιστειακά οικοδομήματα. Πρόκειται για τα ηφαίστεια της Βατούσας, του Λεπετύμνου, της Άγρας της Ανεμώτιας και του Μεσοτόπου, με ηφαιστειακούς θόλους και πολλά διαφορετικά σημεία εξόδου των ηφαιστειακών υλικών. Σήμερα τα 2/3 της έκτασης της Λέσβου καλύπτονται από ηφαιστειακά πετρώματα που δημιουργήθηκαν την περίοδο από 21 έως 16 εκατομμύρια χρόνια. Οι ηφαιστειακές εκρήξεις προκάλεσαν την έξοδο τεράστιων ποσοτήτων λάβας, στάχτης και άλλων ηφαιστειακών υλικών που σκέπασαν μεγάλες εκτάσεις. Σε πολλές περιπτώσεις η ηφαιστειακή στάχτη παρασύρθηκε από τις έντονες βροχοπτώσεις που ακολούθησαν τις ηφαιστειακές εκρήξεις και δημιούργησαν μεγάλες λασποροές πυροκλαστικών υλικών. Αυτά τα ηφαιστειακά υλικά κινήθηκαν από τα ανατολικά προς τα δυτικά και σκέπασαν το μεγάλο, πυκνό και πλούσιο δάσος που υπήρχε την εποχή εκείνη. Η κίνηση των πυροκλαστικών υλικών ήταν ταχύτατη και κάλυψε αμέσως τους κορμούς, τα κλαδιά, τους καρπούς, και τα φύλλα των δέντρων. Η απομόνωση των φυτικών ιστών από τις επιφανειακές συνθήκες και η έντονη υδροθερμική κυκλοφορία, θερμών ρευστών πλούσιων σε ιόντα πυριτίου που ακολούθησε, συνήθως με τη μορφή πυριτικού οξέως (H_2SiO_4), και επέτρεψε την τέλεια απολίθωση των φυτικών ιστών, κάτω από ιδανικές συνθήκες.

Κατά την διαδικασία αυτή έγινε η αντικατάσταση μόριο προς μόριο, της οργανικής ύλης του ξύλου, από υδροξείδια και οξείδια του πυριτίου, (χαλκηδόνιο, οπάλιο και χαλαζία). Με τον τρόπο αυτό διατηρήθηκαν μέχρι σήμερα πολύ καλά τα μορφολογικά γνωρίσματα των δένδρων, όπως η εξωτερική επιφάνεια του κορμού, οι αυξητικοί δακτύλιοι καθώς και η εσωτερική δομή του ξύλου.

Μελέτη τη σχέσης πυριτίου και χαλαζία

Στον περιοδικό πίνακα στοιχείων το πυρίτιο είναι το 14ο στοιχείο αφού έχει χημικό ατομικό βάρος 28 ατομικές μονάδες και έχει τον ίδιο αριθμό νετρονίων όσο και πρωτονίων (14) και μερικά από τα ισότοπά του είναι ραδιενεργά.

Το πυρίτιο δίνει τέσσερις ομοιοπολικούς δεσμούς οι οποίοι οδηγούν άτομα άλλων στοιχείων να τοποθετούνται στις κορυφές ενός τετραέδρου του οποίου το κέντρο είναι το άτομο του πυριτίου. Ο πιο συχνά συναντώμενος δεσμός εμφανίζεται με το οξυγόνο και είναι ένας από τους πιο σταθερούς δεσμούς. Η ένωση SiO_2 είναι γνωστή ως χαλαζίας.

Μεταξύ των 4.000 φυσικών ορυκτών που απαρτίζουν τον φλοιό της γης, κανένα δεν μπορεί να συγκριθεί με τον χαλαζία, τόσο στον αριθμό των ποικιλιών του και την ποικιλότητα των εμφανίσεών του, όσο και στις πολυάριθμες τεχνικές εφαρμογές του. Ο χαλαζίας είναι ένα ορυκτό πολύ άφθονο στην φύση, όπου οι κρύσταλλοί του οι πιο εντυπωσιακοί είναι άχρωμοι (ορεία κρύσταλλος), γκριζοκάστανοι (καπνίας), μαύροι (μόριο), βιολετί (αμέθυστος) κ.ά. Δεν είναι περίεργο που ο χαλαζίας είναι ένα ορυκτό τόσο συχνό, αφού τα δυο στοιχεία που το απαρτίζουν είναι και αυτά τα πιο άφθονα μέσα στον γήινο φλοιό: το οξυγόνο συμμετέχει με 49.50% και το πυρίτιο με 25.87% (ενώ το υδρογόνο, το κύριο συστατικό του νερού H_2O δεν αντιπροσωπεύει παρά το 0.88%). Από μόνος του ο χαλαζίας αντιπροσωπεύει το 12% περίπου των συστατικών του φλοιού της γης.

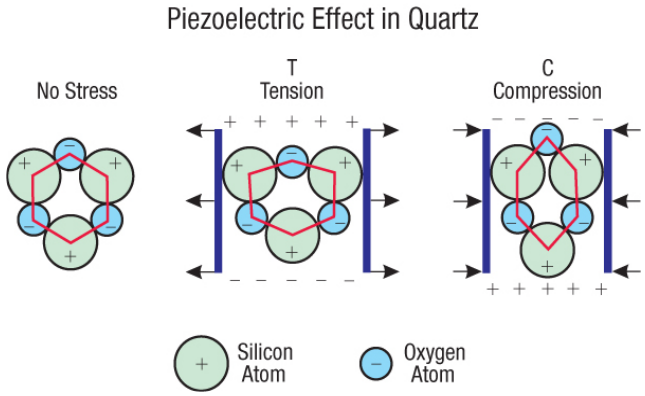
Αποτελείται από διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) όπου ένα άτομο πυριτίου ενώνεται με δύο άτομα οξυγόνου που αποτελούν το μόριο της βάσης του χαλαζία.

Μελέτη της σχέσης του ορυκτού χαλαζίας και του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου

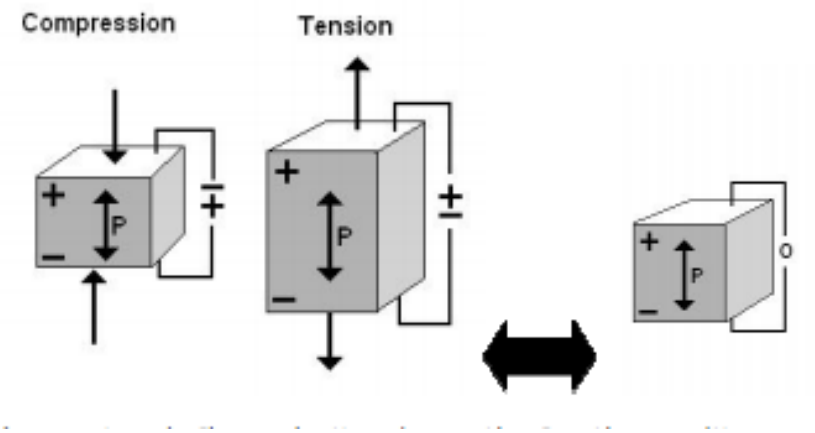
Χαρακτηριστικό παράδειγμα υλικού με πιεζοηλεκτρικές ιδιότητες είναι ο χαλαζίας (SiO_2).

Ένας κρύσταλλος χαλαζία παράγει ηλεκτρικό ρεύμα όταν υποστεί μια μηχανική πίεση. Αντίστροφα προκύπτει μια μηχανική παραμόρφωση σε ένα τέτοιο υλικό όταν εφαρμοστεί ένα ηλεκτρικό πεδίο σε αυτό. Το φαινόμενο λαμβάνει χώρα σε κρυστάλλους που δεν έχουν κέντρο συμμετρίας. Αυτό γίνεται αντιληπτό από τα επιμέρους μόρια. Κάθε ένα έχει μια πολικότητα καθώς το ένα άκρο του είναι περισσότερο αρνητικά φορτισμένο, δηλαδή είναι συσσωρευμένα σε αυτό περισσότερα ηλεκτρόνια. Το άλλο άκρο είναι θετικά φορτισμένο και έτσι δημιουργείται ένα δίπολο. Σε έναν πολυκρύσταλλο συγκροτούνται διαφορετικές περιοχές πολικότητας, οι περιοχές Weiss και η κατανομή της συνολικής πολικότητας είναι αντισυμμετρική. Αυτή ακριβώς η έλλειψη συμμετρίας είναι η βασική αιτία εκπόρευσης του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου.

Ο πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος αποκρίνεται (συστέλλεται ή διαστέλλεται) με διαφορετικούς τρόπους σε διαφορετικές συχνότητες του σήματος (Σχήμα 3). Προκειμένου να επιτύχουμε διαφορετικούς τρόπους δόνησης του υλικού παράγονται πιεζοκρύσταλλοι σε διάφορα σχήματα. Για την πραγματοποίηση μικρών, χαμηλού κόστους και υψηλής απόδοσης τέτοιων προϊόντων έχουν αναπτυχθεί συγκεκριμένοι τύποι δόνησης. Αυτοί λοιπόν προκύπτουν για συγκεκριμένες περιοχές συχνοτήτων. Έτσι υπάρχει δυνατότητα παραγωγής πιεζοηλεκτρικών προϊόντων που λειτουργούν-αποκρίνονται σε συχνότητες της τάξης των kHz μέχρι και την τάξη MHz.



Σχήμα 2: Παράδειγμα πιεζοηλεκτρικής πόλωσης σε ένα κρύσταλλο χαλαζία (https://ilektroaytomatismoi.blogspot.com)



Σχήμα 3: Συμπίεση και επιμήκυνση πολυκρυστάλλου (www.bostonpiezooptics.com)

Βάσει αυτής της αρχής δουλεύουν όλα τα ηλεκτρονικά ρολόγια. Περιέχουν ένα κρύσταλλο χαλαζία του οποίου το πάχος είναι πολύ καλά καθορισμένο και καθορίζει τη συχνότητα με την οποία πάλλεται (λεπταίνει ή γίνεται παχύτερο) όταν δουλεύει το ρολόι. Ο κρύσταλλος συνήθως πάλλεται σε πολύ υψηλές συχνότητες, δηλαδή λεπταίνει και στη συνέχεια γίνεται παχύτερος 10.000 ή και 100.000 φορές το δευτερόλεπτο.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Ένα από τα ποιο κοινά υλικά του φλοιού της γης, ο χαλαζίας συνδέεται με δύο ιδιαίτερα σημαντικές φυσικές διεργασίες. Η πρώτη επιτρέπει την διατήρηση πληροφοριών για την εξέλιξη της ζωής και τους οργανισμούς που έζησαν στην επιφάνεια της γης στο παρελθόν, μέσω της απολίθωσης, της αντικατάστασης οργανικής ύλης από υδροξείδια και οξείδια του πυριτίου, (χαλκηδόνιο, οπάλιο και χαλαζία). Η δεύτερη μέσω του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου που εμφανίζεται στους κρυστάλλους του χαλαζία, καθιστά εφικτή την λειτουργία όλων των σύγχρονων ηλεκτρονικών συσκευών.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε θερμά το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου για τις πολύτιμες πληροφορίες που μας παρείχε και την αμέριστη συμπαράσταση καθόλη τη διάρκεια σύνταξης της εργασίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

[1] Βελιτζέλος, Ε., Ζούρος, Ν. (2000). Απολιθωμένο Δάσος Λέσβου. Εκδόσεις Τοπίο. Σελ. 144.

[2] Βελιτζέλος, Ε., Ζούρος, Ν. (2006). Απολιθωμένο Δάσος Λέσβου. Εκδόσεις Τοπίο. Σελ. 160.

[3] Ζούρος, Ν. (2008). Οδηγός Πάρκων Απολιθωμένου Δάσους Σιγρίου και Πλάκας. Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου. Σελ. 136.

[4] Ζούρος, Ν. (2009). Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου - Οδηγός εκθέσεων. Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου. Σελ. 156.

[5] Ζούρος, Ν., Βασιλειάδου, Κ., Βαλιάκος, Η., Μπεντάνα, Κ. (2008). Ένα υποτροπικό δάσος 20 εκατομμυρίων ετών. Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου. Σελ. 64.

[6] Ζούρος, Ν., Βελιτζέλος, Ε. (2006). Οδηγός του Πάρκου του Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου. Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου. Σελ.136.

[7] Ζούρος, Ν., Κοντής, Ε., Σεραϊδης, Π., Κράλης, Φ. (2000). Οδηγός του πάρκου του Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου. Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου. Σελ. 64.

[8] Tichý, J., Erhart, J., Kittinger, E., Prívratská, J. (2010). Fundamentals of Piezoelectric Sensorics. Mechanical, Dielectric and Thermodynamical Properties of Piezoelectric Materials. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

[9] Tiersten, H. F. (1969). Linear Piezoelectric Plate Vibrations - Elements of the Linear Theory of Piezoelectricity and the Vibrations of Piezoelectric Plates. Plenum Press New York, pp. 51-61.

[10] Tressler, J.F., Alkoy, S., Newnham, R.E. (1998). Piezoelectric Sensors and Sensor Materials, Journal of Electroceramics 2:4, 257-272.